

PATENT  
3673-0163P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Takeshi ASAKURA                      Conf.: Unassigned  
Appl. No.: NEW                                      Group: Unassigned  
Filed: December 23, 2003                      Examiner: UNASSIGNED  
For: BALL TRAJECTORY MEASURING APPARATUS

L E T T E R

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

December 23, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

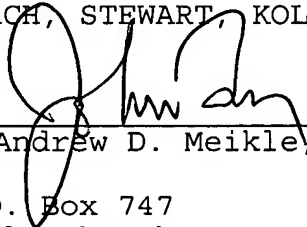
<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2003-11743	January 21, 2003

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By  #32,868  
Andrew D. Meikle, #32,868

ADM/gf  
3673-0163P

P.O. Box 747  
Falls Church, VA 22040-0747  
(703) 205-8000

Attachment(s)

BEST AVAILABLE COPY

T. #SAKURA 3673-163P  
Filed 12/23/03 1 of 1  
Birch, Stewart, Kolasch + Birch LLP  
(703) 205-8000

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    1 月 2 1 日  
Date of Application:

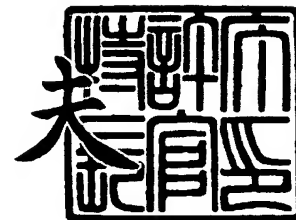
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 1 1 7 4 3  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 1 1 7 4 3 ]

出      願      人                      住 友 ゴ ム 工 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 8 7 2 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 P-0612

【提出日】 平成15年 1月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A63B 96/00

【発明の名称】 ボール弾道計測装置

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町 3 丁目 6 番 9 号 住友ゴム工業株式会社内

    【氏名】 朝倉 健

【特許出願人】

    【識別番号】 000183233

    【氏名又は名称】 住友ゴム工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100107940

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岡 憲吾

【選任した代理人】

    【識別番号】 100120318

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 松田 朋浩

【選任した代理人】

    【識別番号】 100120329

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 天野 一規

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 091444

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001533

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ボール弾道計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

飛行するボールを後方から撮影するための第一カメラと、  
その画角が上記第一カメラの画角と関連づけられており、第一カメラよりも遅れてこのボールを後方から撮影するための第二カメラと、  
このボールを前方から撮影するための第三カメラと、  
この第一、第二及び第三のカメラの撮影タイミングを制御する制御部と、  
この第一、第二及び第三のカメラで得られた画像データ並びにそれぞれのカメラの位置座標、光軸方向及び画角に基づいてボールの位置座標を算出する演算部と  
を備えたボール弾道計測装置。

【請求項 2】

上記第一カメラがボール発射地点よりも後方に位置しており、第二カメラが発射地点と落下地点との間に位置しており、第三カメラが落下地点よりも前方に位置している請求項 1 に記載のボール弾道計測装置。

【請求項 3】

上記第一カメラの画角と第二カメラの画角とが一部重複しており、同時に撮影された第一カメラでのボール像と第二カメラでのボール像とに基づいて、第二カメラの画角が第一カメラの画角と関連づけられる請求項 1 又は 2 に記載のボール弾道計測装置。

【請求項 4】

飛行するボールを前方から撮影するための第一カメラと、  
その画角が上記第一カメラの画角と関連づけられており、第一カメラに先だつてこのボールを前方から撮影するための第二カメラと、  
このボールを後方から撮影するための第三カメラと、  
この第一、第二及び第三のカメラの撮影タイミングを制御する制御部と、  
この第一、第二及び第三のカメラで得られた画像データ並びにそれぞれのカメラ

ラの位置座標、光軸方向及び画角に基づいてボールの位置座標を算出する演算部と

を備えたボール弾道計測装置。

#### 【請求項 5】

上記第一カメラがボール落下地点よりも前方に位置しており、第二カメラが発射地点と落下地点との間に位置しており、第三カメラが発射地点よりも後方に位置している請求項 4 に記載のボール弾道計測装置。

#### 【請求項 6】

上記第一カメラの画角と第二カメラの画角とが一部重複しており、同時に撮影された第一カメラでのボール像と第二カメラでのボール像とに基づいて、第二カメラの画角が第一カメラの画角と関連づけられる請求項 4 又は 5 に記載のボール弾道計測装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、飛行するボールの弾道を計測するための装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

ゴルフボールは、ゴルフクラブで打撃されることによって飛行する。飛行するゴルフボールの弾道が計測されれば、ゴルフボールの性能評価、ゴルフクラブの性能評価及びゴルファーのスイングフォームの診断において便利である。

##### 【0003】

特開平 6-323852 号公報には、シャッター機能付きの CCD カメラが用いられた計測装置が開示されている。この装置では、CCD カメラにより撮影された画像データが演算部に取り込まれ、画像処理によって画像フレーム間の変化が多層メモリーに書き込まれる。これによって得られた多層化画像から、ゴルフボールの弾道が計測される。この計測装置では、ゴルフボールの弾道の観察は可能であるが、ゴルフボールの位置座標の時系列データは計測できない。

##### 【0004】

特開 2001-145718 公報には、発射地点後方の CCD カメラによって得られた画像データと、弾道のサイド（飛行方向と垂直方向）に設置された CCD カメラによって得られた画像データとに基づき、ゴルフボールの弾道が計測される装置が開示されている。この装置では、サイドに設置される CCD カメラが多数台必要である。しかも、この装置で精度よく弾道が計測されるには、サイドに設置される CCD カメラとゴルフボールとの距離が十分大きくされる必要がある。一般のゴルフ場やゴルフ用品メーカーの試験場では、打撃方向の距離は長いサイドスペースは狭い。この装置の設置には、制約が多い。

#### 【0005】

さらに、弾道の右サイドと左サイドとに設置された 2 台の CCD カメラにより、両側からゴルフボールが撮影される装置も提案されている。この装置では、一对の画像データに基づいて三角測量法的手法によりゴルフボールの弾道が計測される。この装置によって弾道が精度よく計測されるには、左右の CCD カメラの距離が十分大きくされる必要がある。この装置の設置にも、広大なサイドスペースが必要である。この装置の設置には、制約が多い。

#### 【0006】

##### 【特許文献 1】

特開平 6-323852 号公報

##### 【特許文献 2】

特開 2001-145718 公報

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

発射地点の後方に設置された CCD カメラと落下地点の前方に設置された CCD カメラとを備えた装置によって、弾道を計測する手段も考えられる。この装置による計測では、広大なサイドスペースは不要である。

#### 【0008】

この装置によって広範囲の弾道が撮影されるには、広角な CCD カメラが必要である。広角な CCD カメラでは、計測の精度が不十分である。発射直後及び落下直前のゴルフボール（換言すれば、低い位置にあるゴルフボール）の位置座標

が算出される場合は、精度が特に不十分である。

#### 【0009】

本発明は、設置が容易で、飛行するボールの位置座標の時系列データが精度よく計測できるボール弾道計測装置の提供を目的とする。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係るボール弾道計測装置は、飛行するボールを後方から撮影するための第一カメラと、その画角が上記第一カメラの画角と関連づけられており第一カメラよりも遅れてこのボールを後方から撮影するための第二カメラと、このボールを前方から撮影するための第三カメラと、この第一、第二及び第三のカメラの撮影タイミングを制御する制御部と、この第一、第二及び第三のカメラで得られた画像データ並びにそれぞれのカメラの位置座標、光軸方向及び画角に基づいてボールの位置座標を算出する演算部とを備えている。

#### 【0011】

この計測装置では、サイドにカメラは設けられない。従って、広大なサイドスペースは不要である。この計測装置では、後方からの撮影が第一カメラ及び第二カメラでなされ、前方からの撮影が第三カメラでなされる。後方からの撮影で得られた画像データと前方からの撮影で得られた画像データとにより、三角測量的手法によってボールの位置座標が算出される。後方からの撮影は、第一カメラから第二カメラへとリレーされる。第二カメラの画角は第一カメラの画角と関連づけられているので、リレーによって弾道の広範囲にわたってボールが撮影される。

#### 【0012】

好ましくは、第一カメラはボール発射地点よりも後方に位置し、第二カメラは発射地点と落下地点との間に位置し、第三カメラは落下地点よりも前方に位置する。第二カメラは発射地点と落下地点との間に位置しているので、その光軸が水平方向に対してなす角度は、大きく設定されうる。第二カメラで計測される落下直前のゴルフボールの仰角は大きい。この計測装置は、落下直前のボールの計測精度が高い。

## 【0013】

好ましくは、第一カメラの画角と第二カメラの画角とは、一部重複している。同時に撮影された第一カメラでのボール像と第二カメラでのボール像とに基づいて、第二カメラの画角が第一カメラの画角と関連づけられる。この装置は、計測精度に優れる。

## 【0014】

他の発明に係るボール弾道計測装置は、飛行するボールを前方から撮影するための第一カメラと、その画角が上記第一カメラの画角と関連づけられており、第一カメラに先だってこのボールを前方から撮影するための第二カメラと、このボールを後方から撮影するための第三カメラと、この第一、第二及び第三のカメラの撮影タイミングを制御する制御部と、この第一、第二及び第三のカメラで得られた画像データ並びにそれぞれのカメラの位置座標、光軸方向及び画角に基づいてボールの位置座標を算出する演算部とを備えている。

## 【0015】

この計測装置では、サイドにカメラは設けられない。従って、広大なサイドスペースは不要である。この計測装置では、後方からの撮影が第三カメラでなされ、前方からの撮影が第一カメラ及び第二カメラでなされる。後方からの撮影で得られた画像データと前方からの撮影で得られた画像データとにより、三角測量的手法によってボールの位置座標が算出される。前方からの撮影は、第二カメラから第一カメラへとリレーされる。第二カメラの画角は第一カメラの画角と関連づけられているので、リレーによって弾道の広範囲にわたってボールが撮影される。

## 【0016】

好ましくは、第一カメラがボール落下地点よりも前方に位置しており、第二カメラが発射地点と落下地点との間に位置しており、第三カメラが発射地点よりも後方に位置している。第二カメラは発射地点と落下地点との間に位置しているので、その光軸が水平方向に対してなす角度は、大きく設定されうる。第二カメラで計測される発射直後のゴルフボールの仰角は大きい。この計測装置は、発射直後のボールの計測精度が高い。

**【0017】**

好ましくは、第一カメラの画角と第二カメラの画角とは、一部重複している。同時に撮影された第一カメラでのボール像と第二カメラでのボール像とに基づいて、第二カメラの画角が第一カメラの画角と関連づけられる。この装置は、計測精度に優れる。

**【0018】****【発明の実施の形態】**

以下、適宜図面が参照されつつ、好ましい実施形態に基づいて本発明が詳細に説明される。

**【0019】**

図1は、本発明の一実施形態に係るボール弾道計測装置が示された概略構成図である。この装置は、第一カメラ1、第二カメラ2、第三カメラ3、制御部4及び演算部5を備えている。第一カメラ1、第二カメラ2及び第三カメラ3は、シャッター機能付きのCCDカメラである。制御部4及び演算部5は、コンピュータと周辺機器とを含む。制御部4と演算部5とが、同一のコンピュータから構成されてもよい。ボール弾道計測装置が、図示されていない印字部、表示部等を備えてもよい。

**【0020】**

制御部4は、ゴルフボールの打撃によって発生したトリガー信号を検知した後、演算部5に対して画像データの記録を開始するように信号を送信する。制御部4はまた、第一カメラ1、第二カメラ2及び第三カメラ3に向けて、同期信号を送信する。この同期信号を受けた第一カメラ1、第二カメラ2及び第三カメラ3によって、同期した複数の画像が得られる。

**【0021】**

演算部5は、第一カメラ1、第二カメラ2及び第三カメラ3によって得られた画像データを、フレーム毎に記録する。記録には、タイムプラスVTR、デジタルディスクレコーダー、動画ボード等が用いられうる。得られたデータは、画像処理に供される。画像処理では、画像データに対して、フレーム順に差分ピークホールド演算が行われる。具体的には、各フレームメモリーの画素のうち変化の

あったピークの画素メモリーのみがホールドされ、他のメモリーが消去される。ゴルフボール像は背景よりも白く、濃淡判定で最も白い部分となることから、この画像処理によって背景が消去され、ゴルフボール像のみが残存するデータが得られる。

#### 【0022】

図2は、図1の装置によってゴルフボールの弾道が計測される様子が示された模式的側面図である。この図には、ゴルフボールG及びこのゴルフボールGの弾道Tが示されている。ゴルフボールGは、図中左から右に向かって飛行する。この図において符号P sで示されているのは発射地点であり、P eで示されているのは落下地点である。図2に示されるように、第一カメラ1の位置を原点とし、第一カメラ1及び第二カメラ2を結ぶ直線をX軸とし、高さ方向をZ軸とする二次元位置座標が想定される。

#### 【0023】

発射地点P sの後方には、第一カメラ1及び第二カメラ2が設置されている。第一カメラ1及び第二カメラ2は、実質的に同じ位置にある。この第一カメラ1及び第二カメラ2は、ゴルフボールGを後方から撮影する。落下地点P eの前方には、第三カメラ3が設置されている。この第三カメラ3は、ゴルフボールGを前方から撮影する。第一カメラ1及び第二カメラ2と、第三カメラ3との距離は、Lである。第一カメラ1及び第二カメラ2の位置座標は(0, 0)であり、第三カメラ3の位置座標は(L, 0)である。第一カメラ1、第二カメラ2及び第三カメラ3は、その光軸が水平方向に対して上向きに傾斜するように設置されている。第一カメラ1の傾斜角度は、第二カメラ2の傾斜角度よりも大きい。図2に示された二点鎖線L 1 a及びL 1 bで囲まれているのは、第一カメラ1の画角である。二点鎖線L 2 a及びL 2 bで囲まれているのは、第二カメラ2の画角である。第一カメラ1の画角と第二カメラ2の画角とは、部分的に重複している。

#### 【0024】

以下、三角測量法的手法によってゴルフボールGの位置座標(x, z)が算出される方法が説明される。ゴルフボールGが発射されると、まず第一カメラ1及び第三カメラ3によってゴルフボールGが撮影される。この段階では、第二カメ

ラ 2 には、ゴルフボール G は写っていない。撮影により、連続した画像データが得られる。第一カメラ 1 で得られた画像データと第三カメラ 3 で得られた画像データとは、対をなす。第一カメラ 1 によって得られたフレームデータに対して水平走査による白黒判定が行われ、ボール像の画像上の上下位置が検出される。この検出結果並びに第一カメラ 1 の光軸方向及び画角に基づいて、第一カメラ 1 の位置におけるゴルフボール G の仰角  $\theta_1$  が算出される。同様に、第三カメラ 3 によって得られたフレームデータに対して水平走査による白黒判定が行われ、ボール像の画像上の上下位置が検出される。この検出結果並びに第三カメラ 3 の光軸方向及び画角に基づいて、第三カメラ 3 の位置におけるゴルフボール G の仰角  $\theta_3$  が算出される。

#### 【0025】

ゴルフボール G から降ろされた垂線の足 P f、第一カメラ 1 及びゴルフボール G を頂点とする三角形から、下記数式 (1) が得られる。

$$\tan \theta_1 = z / x \quad (1)$$

一方、ゴルフボール G から降ろされた垂線の足 P f、第三カメラ 3 及びゴルフボール G を頂点とする三角形から、下記数式 (2) が得られる。

$$\tan \theta_3 = z / (L - x) \quad (2)$$

上記数式 (1) 及び (2) から、下記数式 (3) 及び (4) が導出される。

$$x = (L \cdot \tan \theta_3) / (\tan \theta_1 + \tan \theta_3) \quad (3)$$

$$z = (L \cdot \tan \theta_1 \cdot \tan \theta_3) / (\tan \theta_1 + \tan \theta_3) \quad (4)$$

第一カメラ 1 と第三カメラ 3 との距離 L 並びに算出された仰角  $\theta_1$  及び仰角  $\theta_3$  が、上記数式 (3) 及び (4) に代入され、ゴルフボール G の位置座標 (x, z) が算出される。位置座標 (x, z) は、ゴルフボール G の飛行に伴い、時系列データとして得られる。

#### 【0026】

前述のように、第一カメラ 1 の画角と第二カメラ 2 の画角とは部分的に重複しているので、飛行の一時期に、第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 の両方でゴルフボール像が撮影される。第一カメラ 1 と第二カメラ 2 とは同期されているので、同時に撮影された画像データにより、第一カメラ 1 の画角と第二カメラ 2 の画角と

の関連づけがなされうる。換言すれば、第一カメラ 1 の画角内座標と第二カメラ 2 の画角内座標との対応が、演算手段によって把握される。

### 【0027】

ゴルフボール G がさらに飛行すると、第一カメラ 1 の画角からゴルフボール G がはずれる。その後は、ゴルフボール G は、第二カメラ 2 及び第三カメラ 3 で撮影される。第二カメラ 2 及び第三カメラ 3 で得られた画像データに基づき、前述の三角測量法的手法によってゴルフボール G の位置座標 (x, z) が算出される。第一カメラ 1 の画角と第二カメラ 2 の画角との関連づけがなされているので、弾道 T の広範囲にわたり、連続した位置座標データが精度よく計測されうる。前述のように画角の関連づけは同時に撮影された画像データに基づいてなされるので、カメラ光軸の設置精度が不十分であっても、高い精度で位置座標 (x, z) が算出される。

### 【0028】

図 2 に示された方法では、ゴルフボール G が目標方向に対して左右に実質的にずれることなく飛行する場合の計測がなされる。飛行が目標方向に対してずれる場合は、左右方向（図 2 における紙面垂直方向）が Y 軸とされる。第一カメラ 1 におけるゴルフボール G の仰角が  $\theta_{11}$  とされ、第三カメラ 3 の位置におけるゴルフボール G の仰角が  $\theta_{31}$  とされ、第一カメラ 1 の位置におけるゴルフボール G の左右方向角が  $\theta_{12}$  とされ、第三カメラ 3 の位置におけるゴルフボール G の左右方向角が  $\theta_{32}$  とされる。 $\theta_{11}$ 、 $\theta_{31}$ 、 $\theta_{12}$  及び  $\theta_{32}$  は、画像データに基づく画像処理によって得られる。ゴルフボール G の位置座標 (x, y, z) は、 $\theta_{11}$ 、 $\theta_{31}$ 、 $\theta_{12}$  及び  $\theta_{32}$  が下記数式 (5)、(6) 及び (7) に代入されることで得られる。

$$y = (L \cdot \tan \theta_{12} \cdot \tan \theta_{32}) / (\tan \theta_{12} + \tan \theta_{32}) \quad (5)$$

$$0 = ((\tan \theta_{11})^2 + (\tan \theta_{31})^2) \cdot x^2 + 2 \cdot (\tan \theta_{31})^2 \cdot L \cdot x + ((\tan \theta_{11})^2 - (\tan \theta_{31})^2) \cdot y^2 - (\tan \theta_{31})^2 \cdot L^2 \quad (6)$$

$$0 = (\tan \theta_{11})^2 \cdot (x^2 + y^2) - z^2 \quad (7)$$

この場合も、互いの画角が関連づけされた第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 によって撮影がリレーされることで、弾道 T の広範囲にわたる計測が可能である。

## 【0029】

ゴルフボールGを後方から撮影する3以上のカメラが設けられ、これらで撮影がリレーされてもよい。ゴルフボールGを前方から撮影する2以上のカメラが設けられ、これらで撮影がリレーされてもよい。

## 【0030】

図3は、図1の装置が用いられた他の計測方法が示された模式的側面図である。この例では、第一カメラ1は発射地点P<sub>s</sub>の後方にあり、第二カメラ2は発射地点P<sub>s</sub>と落下地点P<sub>e</sub>との間にあり、第三カメラ3は落下地点P<sub>e</sub>の前方にある。第一カメラ1及び第二カメラ2は、ゴルフボールGを後方から撮影する。第三カメラ3は、ゴルフボールGを前方から撮影する。二点鎖線L<sub>1a</sub>及びL<sub>1b</sub>で囲まれているのは、第一カメラ1の画角である。二点鎖線L<sub>2a</sub>及びL<sub>2b</sub>で囲まれているのは、第二カメラ2の画角である。第一カメラ1の画角と第二カメラ2の画角とは、部分的に重複している。第一カメラ1の画角と第二カメラ2の画角とは、関連づけがなされる。

## 【0031】

この計測方法でも、ゴルフボールGはまず第一カメラ1及び第三カメラ3で撮影される。第一カメラ1での撮影は、第二カメラ2にリレーされる。その後は、第二カメラ2及び第三カメラ3でゴルフボールGが撮影される。得られた画像データに基づき、前述の三角測量法的手法によって、ゴルフボールGの座標位置( $x, z$ )又は( $x, y, z$ )が算出される。

## 【0032】

図3の例では、第二カメラ2によって落下直前のゴルフボールGが撮影される。落下直前のゴルフボールGのZ座標は、小さい。もし仮に第二カメラ2が第一カメラ1と同じ位置にあると、第二カメラ2で得られる落下直前のゴルフボールGの仰角は小さい。これに対し、図3に示されるように、第二カメラ2が発射地点P<sub>s</sub>と落下地点P<sub>e</sub>との間に位置すれば、この第二カメラ2で得られる落下直前のゴルフボールGの仰角は、比較的大きい。大きな仰角は、計測精度の向上に寄与する。以下、その理由が説明される。

## 【0033】

落下直前のゴルフボールGの位置座標が(200, 3)と仮定され、第二カメラ2の位置座標が(0, 0)と仮定され、第三カメラ3の位置座標が(300, 0)と仮定される。換言すれば、第二カメラ2が発射地点P<sub>s</sub>の後方にあると仮定される。この場合、第二カメラ2からのゴルフボールGの仰角 $\theta_2$ は、下記数式により、 $0.86^\circ$ と算出される。

$$\theta_2 = \tan^{-1}(3/200)$$

一方、第三カメラ3からのゴルフボールGの仰角 $\theta_3$ は、下記数式により、 $1.72^\circ$ と算出される。

$$\theta_3 = \tan^{-1}(3/(300-200))$$

第二カメラ2の画像データに基づいて得られた仰角 $\theta_2$ が、 $0.91^\circ$ （すなわち、本来の値である $0.86^\circ$ から $0.05^\circ$ ずれた値）であったとすると、ゴルフボールGの位置座標(x, z)は、下記数式より、(196.2, 3.1)と算出される。

$$x = (300 \cdot \tan(1.72)) / (\tan(0.91) + \tan(1.72))$$

$$z = (300 \cdot \tan(0.91) \cdot \tan(1.72)) / (\tan(0.91) + \tan(1.72))$$

算出されたx座標である「196.2」は、実際のx座標である「200」に比べて3.8も小さい。

#### 【0034】

第二カメラ2の位置座標が(150, 0)にある場合、換言すれば、第二カメラ2が落下地点P<sub>e</sub>に近い場合の仰角 $\theta_2$ は、下記数式により、 $3.43^\circ$ と算出される。

$$\theta_2 = \tan^{-1}(3/(200-150))$$

第二カメラ2の画像データに基づいて得られた仰角 $\theta_2$ が、 $3.48^\circ$ （すなわち、本来の値である $3.43^\circ$ から $0.05^\circ$ ずれた値）であったとすると、ゴルフボールGの位置座標(x, z)は、下記数式より、(199.6, 3.0)と算出される。

$$x = (150 \cdot \tan(1.72)) / (\tan(3.48) + \tan(1.72))$$

$$z = (150 \cdot \tan(3.48) \cdot \tan(1.72)) / (\tan(3.48) + \tan(1.72))$$

$$(\tan(3.48) + \tan(1.72))$$

算出された x 座標である「199.6」は、実際の x 座標である「200」にきわめて近い。このように、落下直前のゴルフボール G を大きな仰角で撮影できる位置に第二カメラ 2 が設置されることで、計測精度が向上する。

#### 【0035】

計測精度の観点から、第二カメラ 2 は、その光軸の傾斜角度が  $3^{\circ}$  以上  $40^{\circ}$  以下となる位置に設置されるのが好ましい。傾斜角度は、 $5^{\circ}$  以上  $40^{\circ}$  以下がより好ましく、 $7^{\circ}$  以上  $40^{\circ}$  以下が特に好ましい。計測精度の観点から、第一カメラ 1 と第三カメラ 3 との中点よりも第三カメラ 3 寄りに第二カメラ 2 が設置されるのが好ましい。

#### 【0036】

第一カメラ 1、第二カメラ 2 及び第三カメラ 3 の地上高は、3 m 以内が好ましい。地上高が 3 m を超えると、発射直後及び落下直前のゴルフボール G の計測が困難である。この観点から、地上高は 2 m 以下がより好ましい。理想的な地上高は、ゼロである。

#### 【0037】

ゴルフボール G を後方から撮影する 3 以上のカメラが設けられ、これらで撮影がリレーされてもよい。ゴルフボール G を前方から撮影する 2 以上のカメラが設けられ、これらで撮影がリレーされてもよい。

#### 【0038】

図 4 は、本発明の他の実施形態に係るボール弾道計測装置によってゴルフボールの弾道が計測される様子が示された模式的側面図である。この装置は、図 1 の装置と同様の第一カメラ 4、第二カメラ 5 及び第三カメラ 6 を備えている。図示されていないが、この装置は、図 1 の装置と同様の制御部 4 及び演算部 5 を備えている。

#### 【0039】

第一カメラ 4 は落下地点 P e の前方にあり、第二カメラ 5 は発射地点 P s と落下地点 P e との間にあり、第三カメラ 6 は発射地点 P s の後方にある。第一カメラ 4 及び第二カメラ 5 は、ゴルフボールを前方から撮影する。第三カメラ 6 は、

ゴルフボールGを後方から撮影する。二点鎖線L 1 a及びL 1 bで囲まれているのは、第一カメラ4の画角である。二点鎖線L 2 a及びL 2 bで囲まれているのは、第二カメラ5の画角である。第一カメラ4の画角と第二カメラ5の画角とは、部分的に重複している。第一カメラ4の画角と第二カメラ5の画角とは、関連づけがなされる。

#### 【0040】

この計測方法では、ゴルフボールGはまず第二カメラ5及び第三カメラ6で撮影される。第二カメラ5での撮影は、第一カメラ4にリレーされる。その後は、第一カメラ4及び第三カメラ6でゴルフボールGが撮影される。得られた画像データに基づき、前述の三角測量法的手法によって、ゴルフボールGの座標位置（ $x, z$ ）又は（ $x, y, z$ ）が算出される。

#### 【0041】

図4の例では、第二カメラ5によって発射直後のゴルフボールGが撮影される。発射直後のゴルフボールGのZ座標は、小さい。もし仮に第二カメラ5が第一カメラ4と同じ位置にあると、第二カメラ5で得られる発射直後のゴルフボールGの仰角は小さい。これに対し、図4に示されるように、第二カメラ5が発射地点P sと落下地点P eとの間に位置すれば、この第二カメラ5で得られる発射直後のゴルフボールGの仰角は、比較的大きい。大きな仰角は、計測精度の向上に寄与する。

#### 【0042】

計測精度の観点から、第二カメラ5は、水平方向に対するその光軸の傾斜角度が $3^{\circ}$ 以上 $40^{\circ}$ 以下となる位置に設置されるのが好ましい。傾斜角度は、 $5^{\circ}$ 以上 $40^{\circ}$ 以下がより好ましく、 $7^{\circ}$ 以上 $40^{\circ}$ 以下が特に好ましい。計測精度の観点から、第一カメラ4と第三カメラ6との中点よりも第三カメラ6寄りに第二カメラ5が設置されるのが好ましい。

#### 【0043】

ゴルフボールGを後方から撮影する2以上のカメラが設けられ、これらで撮影がリレーされてもよい。ゴルフボールGを前方から撮影する3以上のカメラが設けられ、これらで撮影がリレーされてもよい。

**【0044】**

以上、ゴルフボールGの弾道が計測される場合が一例とされて本発明に係る装置が説明されたが、この装置は他のボールの弾道計測にも適している。

**【0045】****【発明の効果】**

本発明に係るボール弾道計測装置は、十分なサイドスペースがない場所にも設置されうる。この装置により、飛行するボールの位置座標の時系列データが精度よく計測されうる。この装置が用いられた計測によって、飛行中のボールの空力特性（揚力係数、抗力係数等）の解析が可能である。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

図1は、本発明の一実施形態に係るボール弾道計測装置が示された概略構成図である。

**【図2】**

図2は、図1の装置によってゴルフボールの弾道が計測される様子が示された模式的側面図である。

**【図3】**

図3は、図1の装置が用いられた他の計測方法が示された模式的側面図である。

**【図4】**

図4は、本発明の他の実施形態に係るボール弾道計測装置によってゴルフボールの弾道が計測される様子が示された模式的側面図である。

**【符号の説明】**

- 1、4・・・第一カメラ
- 2、5・・・第二カメラ
- 3、6・・・第三カメラ
- 4・・・制御部
- 5・・・演算部
- G・・・ゴルフボール

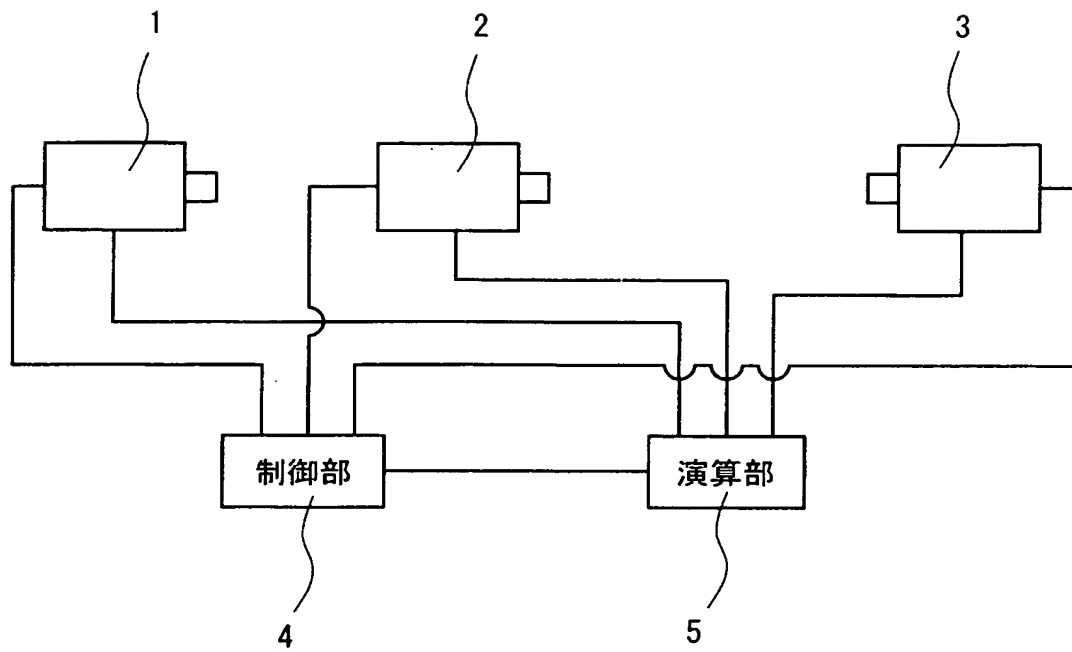
T . . . 弾道

P s . . . 発射地点

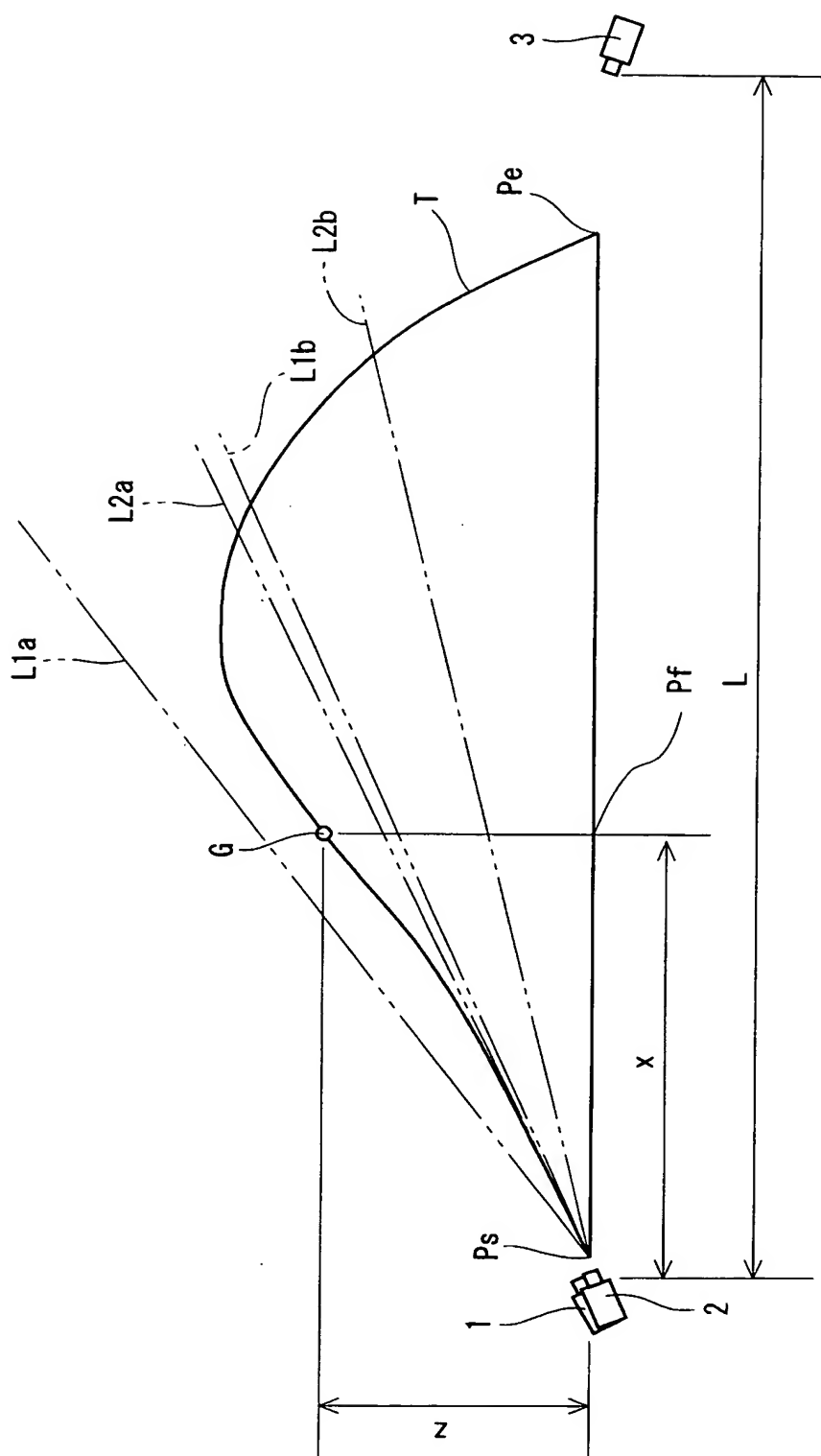
P e . . . 落下地点

【書類名】 図面

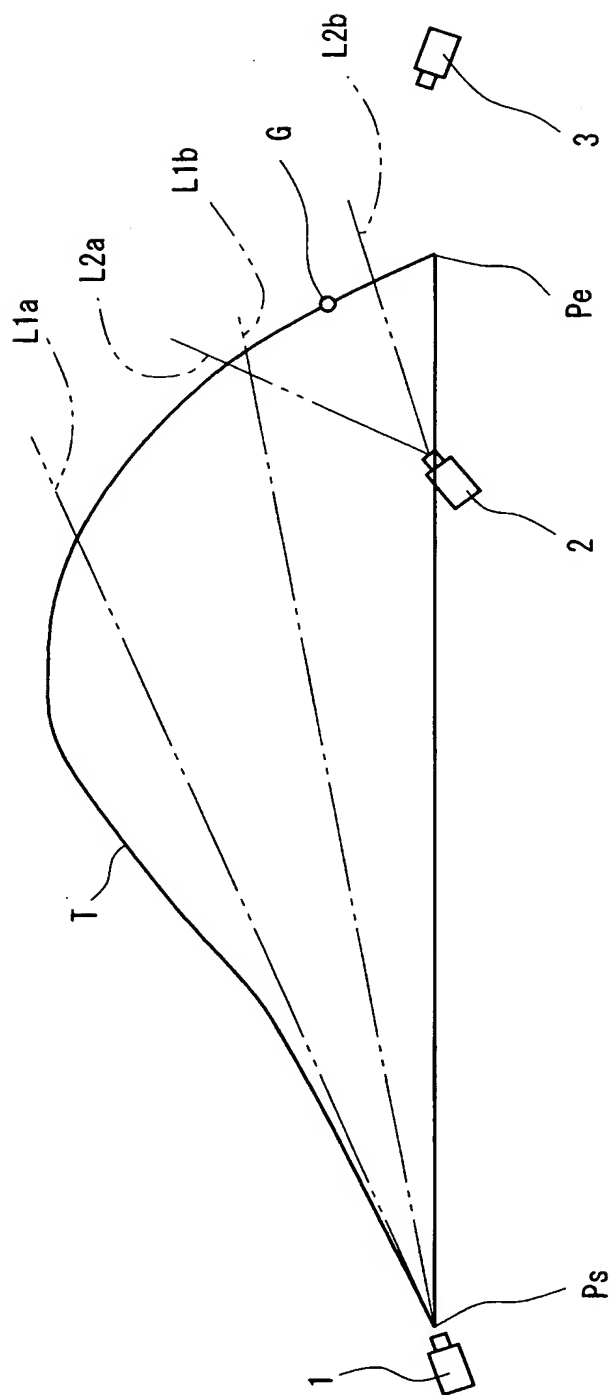
【図 1】



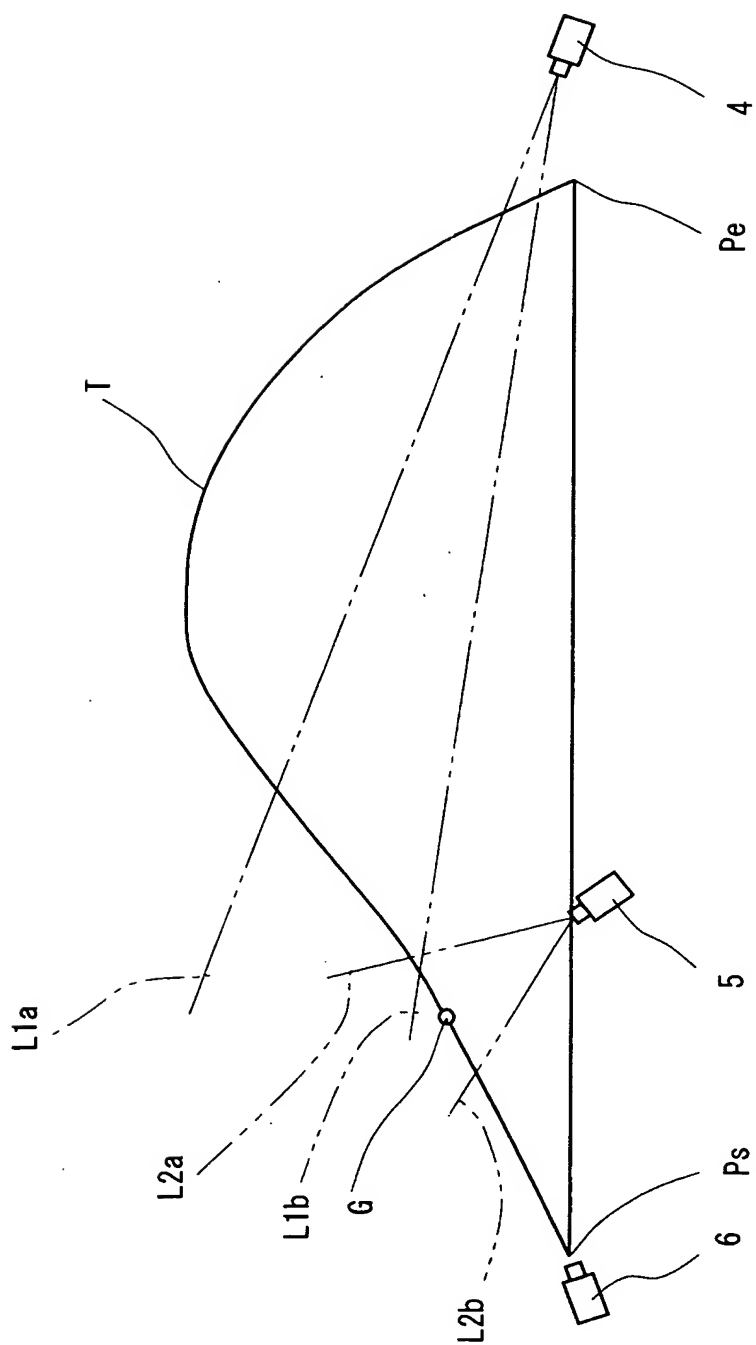
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 設置が容易で、飛行するゴルフボール G の位置座標の時系列データが精度よく計測できるボール弾道計測装置の提供。

【解決手段】 発射地点  $P_s$  の後方に第一カメラ 1 が設置されており、発射地点  $P_s$  と落下地点  $P_e$  との間に第二カメラ 2 が設置されており、落下地点  $P_e$  の前方に第三カメラ 3 が設置されている。第一カメラ 1 及び第二カメラ 2 は、ゴルフボール G を後方から撮影する。第三カメラ 3 は、ゴルフボール G を前方から撮影する。まず第一カメラ 1 及び第三カメラ 3 で、ゴルフボール G が撮影される。第一カメラ 1 での撮影は、第二カメラ 2 にリレーされる。その後は、第二カメラ 2 及び第三カメラ 3 でゴルフボール G が撮影される。第一カメラ 1 の画角と第二カメラ 2 の画角とは、関連づけがなされる。得られた画像データに基づき、三角測量法的手法によって、ゴルフボール G の座標位置 ( $x$ ,  $z$ ) が算出される。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 0 1 1 7 4 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 8 3 2 3 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 4 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

住所変更

住 所

兵庫県神戸市中央区脇浜町 3 丁目 6 番 9 号

氏 名

住友ゴム工業株式会社